



COPY

1/9/1

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI

(c) 2000 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

009090418 **Image available**

WPI Acc No: 1992-217838/199227 XRPX Acc No: N92-165425

Removal of artificial joints - with focussed ultrasonic head to loosen cement around joint support

Patent Assignee: SIEMENS AG (SIEI)

Inventor: HASSLER D

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 4041063	A	19920625	DE 4041063	A	19901220	199227 B

Priority Applications (No Type Date): DE 4041063 A 19901220

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 4041063	A		17	A61F-002/46	

Abstract (Basic): DE 4041063 A

The ultrasonic head (10,9) has a shaped end to fit over the joint (3) and to direct ultrasonic vibrations through the joint and into the current which fixes the joint into the bone. The ultrasonic vibration is selected to destroy the cement with no damage to the surrounding bone. The joint can then be removed and replaced.

The piezoelectric transducer (10) provides the vibrations which are focussed by a shaped connecting element. The focus of the vibrations is the centre of the joint and the vibrations in the cement are shear waves. Magnetostrictive vibration generators can also be used.

USE/ADVANTAGE - Safe removal of joints, no excessive force required, minimum damage risk to bones.

Dwg.1/9

Title Terms: REMOVE; ARTIFICIAL; JOINT; FOCUS; ULTRASONIC; HEAD; LOOSE; CEMENT; JOINT; SUPPORT

Derwent Class: P32; P43; P86; S05; V06

International Patent Class (Main): A61F-002/46

International Patent Class (Additional): B06B-001/04; B06B-001/06; B06B-001/08; B06B-003/04; G10K-011/02

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): S05-B02; S05-F03; V06-D



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 40 41 063 A 1

⑲ Aktenzeichen. P 40 41 063.3
⑳ Anmeldetag: 20. 12. 90
㉑ Offenlegungstag: 25. 6. 92

⑤① Int. Cl. 5:
A 61 F 2/46
G 10 K 11/02
B 06 B 3/04
B 06 B 1/04
B 06 B 1/06
B 06 B 1/08

DE 40 41 063 A 1

⑦① Anmelder:
Siemens AG, 8000 München, DE

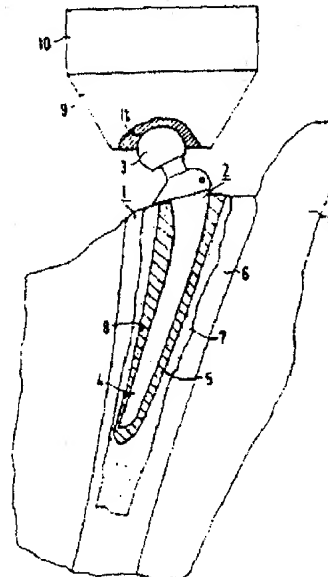
⑦② Erfinder:
Hassler, Dietrich, Dipl.-Ing., 8525 Uttenreuth, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE	37 43 822 C2
DE	27 41 107 C2
DE	39 33 711 A1
DE	35 32 405 A1
DE	24 36 856 A1
DE	88 09 252 U1
GB	21 27 657 A
GB	21 09 658 A

⑤④ Vorrichtung zum Entfernen von implantierten Gelenkprothesen

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Entfernen von implantierten Gelenkprothesen. Die Vorrichtung weist eine Ultraschallquelle (10) und ein Ultraschall-Leitstück (9) auf, das einen dem Gelenkteil (3) der Gelenkprothese (2) geometrisch angepaßten Koppelbereich (11) aufweist. Das Ultraschall-Leitstück (9) ist mit der Ultraschallquelle (10) akustisch gekoppelt und zum Zwecke der Einleitung der erzeugten Ultraschallwellen in die Gelenkprothese (2) mit deren Gelenkteil (3) mittels des Koppelbereiches (11) akustisch koppelbar.



DE 40 41 063 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Entfernen von implantierten Gelenkprothesen.

Bei implantierten Gelenkprothesen, insbesondere Hüftgelenkprothesen, kommt es nicht selten vor, daß die Prothese, z. B. infolge von Entzündungserscheinungen, herausgenommen und ersetzt werden muß. Dazu muß das jeweilige Gelenk, z. B. das Hüftgelenk, freigelegt werden, um die mit Knochenzement im jeweiligen Knochen, z. B. dem Oberschenkelknochen, fixierte Prothese lockern und entfernen, den alten Knochenzement aus dem Knochen herauspräparieren und eine neue Prothese implantieren zu können. Sowohl beim Lösen der Prothese, hierbei wird der Operateur unter beachtlichem Kraftaufwand und unter Einsatz von mechanischen Werkzeugen, z. B. Hammer und Meißel, tätig, als auch beim ebenfalls unter Zuhilfenahme mechanischer Werkzeuge erfolgenden Entfernen des alten Knochenzementes besteht die Gefahr, daß der Knochen beschädigt wird und an sich unnötigerweise gesunde Knochen-substanz verlorengeht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, die es unter Vermeidung nennenswerter Kraftanstrengungen seitens des Operateurs und unter möglichst weitgehender Vermeidung des Einsatzes mechanischer Werkzeuge gestattet, eine zu entfernende Gelenkprothese schonend zu lösen. Außerdem soll die Vorrichtung die Entfernung des alten Knochenzementes erleichtern und auf knochenschonende Weise ermöglichen.

Nach der Erfindung wird diese Aufgabe gelöst durch eine Vorrichtung zum Entfernen von implantierten Gelenkprothesen, aufweisend eine Ultraschallquelle zur Erzeugung von Ultraschallwellen und ein Ultraschall-Leitstück, das einen dem Gelenkteil der Gelenkprothese geometrisch angepaßten Koppelbereich aufweist, wobei das Ultraschall-Leitstück mit der Ultraschallquelle akustisch gekoppelt ist und zur Einleitung der erzeugten Ultraschallwellen in die Gelenkprothese mit deren Gelenkteil mittels des Koppelbereiches akustisch koppelbar ist. Die mittels der Ultraschallquelle erzeugten Ultraschallwellen werden also über das Ultraschall-Leitstück in die Gelenkprothese eingeleitet, von wo sie in den Knochenzement gelangen. Die Ultraschallwellen führen dann zu einer mechanischen Zerrüttung des die Gelenkprothese im Knochen befestigenden Knochenzementes, so daß es nach Zufuhr einer gewissen Dosis von Ultraschall möglich ist, die Gelenkprothese leicht zu entfernen und die am Knochen verbliebenen Knochenzementreste herauszupräparieren. Durch Modenwandel können sich aus den sich in dem Ultraschall-Leitstück als Longitudinalwellen ausbreitenden und als solche in die Gelenkprothese eingeleiteten Ultraschallwellen Oberflächenwellen und Scherwellen bilden, die die Haftung zwischen der Gelenkprothese und dem Knochenzement zerstören und Mikrorisse in dem Knochenzement bewirken, die schließlich eine leichtere Entfernung des Knochenzementes erlauben. Unter Ultraschallwellen sollen im vorliegenden Fall kurze Pulse, bei denen es sich zum Zug- oder Druckimpulse, also Druckimpulse negativer oder positiver Polarität, handeln kann, aber auch Dauerschall verstanden werden. Ähnlich wie im Falle der Stoßwellen-Lithotripsie sind im Falle pulsartiger Ultraschallwellen Impulse mit Frequenzen im kHz-Bereich (z. B. 100 kHz) vorzusehen. Auch was den Energiegehalt der einzelnen Pulse angeht, ist dieser in der gleichen Ordnung wie im Falle der

Lithotripsie vorzusehen. Im Falle der Verwendung von Ultraschallwellen in Form von Dauerschall kann die Frequenz der Ultraschallwellen im Bereich von einigen kHz bis hinein in den MHz-Bereich liegen, wobei die Leistung in der Größenordnung von kW liegen wird.

Um eine möglichst verlustarme Überleitung der Ultraschallwellen aus dem Ultraschall-Leitstück in die Gelenkprothese zu ermöglichen, ist gemäß einer Variante vorgesehen, daß das Ultraschall-Leitstück aus einem Material gebildet ist, dessen akustische Impedanz im wesentlichen der des Prothesenmaterials entspricht. Die genannten Verluste lassen sich weiter vermindern, wenn zwischen dem Koppelbereich des Ultraschall-Leitstückes und dem Gelenkteil der Gelenkprothese ein geeignetes Koppelmedium, z. B. sogenanntes Ultraschall-Gel, wie es bei der Durchführung von medizinischen Ultraschalluntersuchungen verwendet wird, vorhanden ist.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß das Impulsleitstück einen sich ausgehend von der Ultraschallquelle in Richtung auf den Koppelbereich verringenden Querschnitt aufweist, wobei sich der Querschnitt des Ultraschall-Leitstückes über dessen Länge linear oder exponentiell verringern kann. Durch eine derartige Ausbildung des Ultraschall-Leitstückes wird nach dem an sich bekannten Prinzip des akustischen Transformators erreicht, daß die Schallleistungsdichte und damit die Schwingungsamplitude und die Schallschnelle der Ultraschallwellen zu dem Koppelbereich hin zunehmen. Beträgt beispielsweise die Querschnittsfläche des Ultraschall-Leitstückes im Bereich des Koppelbereiches $1/50$ der Querschnittsfläche im Bereich der Ultraschallquelle, so ergibt sich eine Erhöhung der Schwingungsamplitude und damit des Schalldruckes um den Faktor 50 gegenüber den von der Ultraschallquelle gelieferten Werten. Eine lineare Verringerung des Querschnittes des Ultraschall-Leitstückes bietet den Vorteil einer leichten Herstellbarkeit des dann vorzugsweise konisch ausgebildeten Ultraschall-Leitstückes. Der Vorteil einer exponentiellen Querschnittsverringering besteht darin, daß auf der gleichen Länge im Vergleich zu einem Ultraschall-Leitstück mit linearer Querschnittsverringering ein wesentlich größeres Transformationsverhältnis realisierbar ist.

Eine nochmals stärkere und weitgehend frequenzunabhängige Erhöhung der Schwingungsamplituden bzw. des Schalldruckes der Ultraschallwellen läßt sich gemäß einer weiteren besonders bevorzugten Variante der Erfindung erreichen, wenn von der Ultraschallquelle fokussierte Ultraschallwellen ausgehen, welche sich in dem Ultraschall-Leitstück fortpflanzen und deren Fokuszzone im Bereich des Ankoppelbereiches, vorzugsweise außerhalb des Ultraschall-Leitstückes und innerhalb der Gelenkprothese, liegt. Dies kann zum einen durch eine an sich bekannte kugelfalottenförmige Gestaltung der Abstrahlfläche der Ultraschallquelle erreicht werden. Zum anderen besteht auch die Möglichkeit, gemäß einer Variante der Erfindung zwischen der Ultraschallquelle und dem Ultraschall-Leitstück eine akustische Linse als Fokussierungseinrichtung vorzusehen.

Eine Ausführungsform der Erfindung sieht vor, daß als Ultraschallquelle eine elektromagnetische Druckimpulsquelle vorgesehen ist, welche als Ultraschallwellen akustische Druckimpulse erzeugt und welche eine Spulenordnung und eine dieser vorgelagerte Membran aus einem elektrisch leitenden Werkstoff aufweist, wo-

bei die Membran, vorzugsweise flächenhaft, an dem Ultraschall-Leitstück anliegt bzw. mit diesem verbunden ist. Dabei kann weiter vorgesehen sein, daß die Spulenordnung auf einem Spulenträger angeordnet ist, dessen Dicke wenigstens gleich $1/4$ Wellenlänge der Grundwelle eines mittels der Druckimpulsquelle erzeugten akustischen Druckimpulses ist und — in Wellenlängen gemessen — die Länge des Ultraschall-Leitstückes nicht wesentlich übersteigt, wobei die Rückseite des Spulenträgers unparallel in bezug auf dessen die Spulenordnung tragende Vorderseite ausgebildet sein kann. Wird die Spulenordnung einer derartigen Druckimpulsquelle mit einem impulsartigen elektrischen Strom beaufschlagt, werden in die Membran Ströme induziert, die dem durch die Spulenordnung fließenden Strom entgegengerichtet sind. Die hierbei auftretenden Magnetfelder sind ebenfalls entgegengerichtet, so daß ein mechanischer Impuls entsteht, der in gleicher Größe über die Membran in das Ultraschall-Leitstück und über die Spulenordnung in den Spulenträger läuft. Da die Abmessungen der an die Membran angrenzenden Körper, nämlich des Ultraschall-Leitstückes und des Spulenträgers, nicht klein gegen die Wellenlänge der erzeugten akustischen Druckimpulse sind, werden nicht die Körper als ganzes beschleunigt. Vielmehr werden die der Spulenordnung benachbarten Bereiche komprimiert, mit der Folge, daß in dem jeweiligen Körper eine akustische Welle in Form eines Druckimpulses zu laufen beginnt. Dessen Schalldruck ist um so größer, je größer die akustische Impedanz desjenigen Mediums ist, in dem er sich ausbreitet. Die Schnelle des Druckimpulses ist übrigens um so geringer, je größer die akustische Impedanz ist. Ein zu dünner Tragkörper, oder im Extremfall ein fehlender Tragkörper, würde also dazu führen, daß sich die Spulenordnung von dem Ultraschall-Leitstück entfernen würde, ohne daß ein ausreichend langer und damit kräftiger Impuls auf das Ultraschall-Leitstück übertragen würde. Der Spulenträger sollte also eine Dicke von wenigstens $1/4$ Wellenlänge aufweisen. Entspricht die Dicke des Spulenträgers exakt $1/4$ Wellenlänge und handelt es sich bei dem die Spulenordnung beaufschlagenden Stromimpuls nicht um einen unipolaren Impuls, sondern einen Impuls, bei dem ein Nachschwingen auftritt, dessen Polarität der des eigentlichen Impulses entgegengesetzt ist, können sehr kurze Druckimpulse erzeugt werden. Der an der Rückseite des Spulenträgers reflektierte Druckimpuls überlagert sich dann nämlich mit dem infolge des Ausschwingens entstehenden Druckimpuls und schwächt diesen ab. Ein Spulenträger mit einer Dicke von einer viertel Wellenlänge birgt aber auch die Gefahr in sich, daß es infolge von Zugspannungen zur Ablösung der Spulenordnung von dem Spulenträger kommt. Es ist daher ratsam, einen Spulenträger zu verwenden, dessen Länge $1/4$ Wellenlänge übersteigt. Außerdem ist es zweckmäßig, wenn die Rückseite des Spulenträgers unparallel in bezug auf die Vorderseite verläuft, so daß eine Zerstreuung der Reflexionen auftritt. Eine Dicke des Spulenträgers, die — gemessen in Wellenlängen — größer als die Länge des Ultraschall-Leitstückes ist, ist nicht sinnvoll, weil die Handhabbarkeit des Gerätes verschlechtert wird und eine störende Überlagerung eines direkt abgestrahlten Druckimpulses mit im Spulenträger reflektierten Anteilen des Druckimpulses ab dieser Länge praktisch nicht mehr auftritt. Eine flächenhafte Anlage bzw. Verbindung der Membran mit dem Ultraschall-Leitstück ist deshalb vorteilhaft, weil dann auch mechanisch wenig stabile, aber

elektrisch gut leitende Materialien, z. B. Silber, als Membranmaterial, gewählt werden können. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann jedoch auch vorgesehen sein, daß das Ultraschall-Leitstück aus einem elektrisch leitenden Werkstoff gebildet ist und sein der Spulenordnung benachbarter Bereich als Membran dient. In diesem Falle entfällt infolge des Umstandes, daß das Ultraschall-Leitstück selbst elektrisch leitend ist, in vorteilhafter Weise die Notwendigkeit, eine besondere elektrisch leitfähige Membran vorzusehen.

Eine weitere Variante der Erfindung sieht vor, daß als Ultraschallquelle eine piezoelektrische Ultraschallquelle vorgesehen ist, welche wenigstens einen Piezoschwinger aufweist, dessen Dicke gleich $1/2$ Wellenlänge der erzeugten Ultraschallwellen ist, wobei vorgesehen sein kann, daß ein Backing für den Piezoschwinger vorgesehen ist, das eine Dicke aufweist, die $1/2$ Wellenlänge der erzeugten Ultraschallwellen entspricht. Weiter kann vorgesehen sein, daß der Ultraschall-Leitkörper und das Backing aus dem gleichen Material bzw. Materialien gleicher akustischer Impedanz gebildet sind. Es handelt sich dann bei der piezoelektrischen Ultraschallquelle im Gegensatz zu dem beschriebenen elektromagnetischen System, das nur eine elektrische — keine mechanische — Resonanz aufweist, um ein in an sich bekannter Weise auch mechanisch resonanzfähiges System. Da sich die Vorder- und die Rückseite des Piezoschwingers gleichzeitig gegeneinander bewegen, unterstützt nämlich die Anregung der Rückseite die zweite Halbperiode der von der Vorderseite des Piezoschwingers in das Ultraschall-Leitstück laufenden Ultraschallwelle. Die Reflexion einer ersten von der Vorderseite des Piezoschwingers ausgehenden Halbwelle an der Rückseite des Piezoschwingers unterstützt die dritte Halbwelle der von der Vorderseite des Piezoschwingers in das Ultraschall-Leitstück laufenden Ultraschallwelle. Die Reflexion an der Rückseite des Backings unterstützt die vierte Halbwelle der in das Ultraschall-Leitstück laufenden Ultraschallwelle. Die beschriebenen Vorgänge überlagern einander bei der Erzeugung von Dauerschall fortlaufend, so daß jede in das Ultraschall-Leitstück laufende Halbwelle durch die Reflexionen früherer Halbwellen an der Rückseite des Piezoschwingers und des Backings unterstützt werden. Das beschriebene Resonanzverhalten, das in vorteilhafter Weise bei der Erzeugung von Dauerschall zu einer Erhöhung des erzeugten Schalldruckes führt, kommt übrigens nicht nur dann zum Tragen, wenn die Ultraschallquelle zur Erzeugung von Dauerschall kontinuierlich angeregt wird. Es wirkt sich auch bei impulsartiger elektrischer Anregung der Ultraschallquelle mit nur einer Halbperiode aus, und zwar in der Weise, daß sich eine Pulsverlängerung durch Nachschwingungen ergibt.

Eine weitere Variante der Erfindung sieht vor, daß als Ultraschallquelle eine magnetostruktive Ultraschallquelle vorgesehen ist, welche wenigstens einen Körper aus magnetostruktivem Material aufweist. Dieser ist gemäß einer Ausführungsform der Erfindung zwischen dem Ultraschall-Leitstück und einem Tragkörper unter mechanischer Vorspannung aufgenommen, wobei das Ultraschall-Leitstück und der Tragkörper aus magnetisch leitfähigem Material lamelliert aufgebaut sind. Weiter kann vorgesehen sein, daß die Dicke des Tragkörpers wenigstens gleich einer halben Wellenlänge der erzeugten Ultraschallwellen ist und — in Wellenlängen gemessen — die Länge des Ultraschall-Leitstückes nicht wesentlich übersteigt. Ähnlich wie bei der beschriebenen

nen piezoelektrischen Ultraschallquelle handelt es sich auch bei der magnetostruktiven Ultraschallquelle um ein auch mechanisch resonanzfähiges System. Die entsprechenden Erläuterungen im Zusammenhang mit der piezoelektrischen Ultraschallquelle gelten daher sinngemäß. Das Ultraschall-Leitstück und der Tragkörper müssen aus magnetisch leitfähigem Material aufgebaut sein, damit der magnetische Kreis geschlossen werden kann. Der lamellierte Aufbau ist erforderlich, um Wirbelströme und die damit verbundenen Verluste unterdrücken zu können. Eine magnetostruktive Ultraschallquelle weist übrigens ebenso wie eine piezoelektrische Ultraschallquelle den Vorteil auf, daß sie nicht nur Druckimpulse positiver Polarität, sondern bei inverser Ansteuerung auch Druckimpulse negativer Polarität, also Zugimpulse, erzeugen kann.

Gemäß einer Variante der Erfindung ist vorgesehen, daß die Ultraschallquelle zur Abgabe von Dauerschall aktivierbar ist. Dabei sollen unter Dauerschall im Gegensatz zu einer periodischen Folge von Impulsen Ultraschallwellen in Form kontinuierlicher, insbesondere periodischer Schwingungen, z. B. Sinus- oder gleitender Sinus, verstanden werden. Außerdem kann vorgesehen sein, daß die Ultraschallquelle zur Erzeugung von akustischen Druckimpulsen impulsartig ansteuerbar ist.

Wenn vorstehend die Abmessungen von Bauteilen in Wellenlängen der erzeugten Ultraschallwellen angegeben sind, so sind diese Angaben so zu verstehen, daß man die Abmessungen des jeweiligen Bauteiles in mm erhält, indem man die Schallgeschwindigkeit, mit der sich die erzeugten Ultraschallwellen in dem Werkstoff des Bauteiles ausbreiten, durch die Frequenz der Grundschiwingung der erzeugten Ultraschallwellen dividiert, wobei als Einheit der Schallgeschwindigkeit selbstverständlich mm/s zu wählen ist.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den beigefügten Zeichnungen am Beispiel von Vorrichtungen zum Entfernen von implantierten Hüftgelenkprothesen dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 in schematischer Darstellung eine in einen Oberschenkelknochen implantierte Hüftgelenkprothese, an welche eine schematisch dargestellte Vorrichtung zum Entfernen der Gelenkprothese akustisch angekoppelt ist,

Fig. 2 bis 4 in schematischer Darstellung Längsschnitte durch erfindungsgemäße Vorrichtungen,

Fig. 5 einen Schnitt gemäß Linie V-V in Fig. 4, und

Fig. 6 bis 9 in grob schematischer Darstellung Längsschnitte durch erfindungsgemäße Vorrichtungen.

In Fig. 1 ist das operativ freigelegte beckenseitige Ende eines Oberschenkelknochens 1 dargestellt. Die Gelenkkugel ist entfernt und durch eine Hüftgelenkprothese 2 ersetzt. Diese weist als Gelenkteil eine Gelenkkugel 3 auf, an die sich ein Prothesenschaft 4 anschließt. Letzterer ist mit Knochenzement 5 in eine in den von corticalem Knochen 6 umgebenen spongiösen Knochen 7 eingebrachte konische Bohrung 8 einzementiert. An die Gelenkkugel 3 ist mittels eines Ultraschall-Leitstückes 9 eine Ultraschallquelle 10 akustisch angekoppelt. Zu diesem Zweck weist das mit der Ultraschallquelle 10 akustisch gekoppelte Ultraschall-Leitstück 9 an seinem von der Ultraschallquelle entfernten Ende einen Koppelbereich in Form einer in ihrem Durchmesser dem der Gelenkkugel 3 angepaßten höchsten halbkugeligen Vertiefung 11 auf.

Um beim Übergang der Ultraschallwellen von dem Ultraschall-Leitstück 9 in die Gelenkkugel 3 schadhafte Reflexionen an der Grenzfläche zwischen den beiden

Teilen zu vermeiden, besteht das Ultraschall-Leitstück 9 aus einem Material, dessen akustische Impedanz der des Prothesenmaterials wenigstens im wesentlichen entspricht. Gewöhnlich wird als Material für Gelenkprothesen Kobalt-Chrom-Molybdän-Guß verwendet. Dieser Werkstoff besitzt eine akustische Impedanz in der Größenordnung von $50 \times 10^6 \text{ kg/sm}^2$. Als Material für das Ultraschall-Leitstück 9 ist daher im Falle des beschriebenen Ausführungsbeispiels Stahl mit einer akustischen Impedanz von etwa $47 \times 10^6 \text{ kg/sm}^2$ vorgesehen. Als weitere Materialien für das Überleitstück kommen beispielsweise Messing mit einer akustischen Impedanz von etwa $38 \times 10^6 \text{ kg/sm}^2$, Neusilber mit einer akustischen Impedanz von etwa $40 \times 10^6 \text{ kg/sm}^2$, Kupfer mit einer akustischen Impedanz von etwa $42 \times 10^6 \text{ kg/sm}^2$ und Nickel mit einer akustischen Impedanz von etwa $49 \times 10^6 \text{ kg/sm}^2$ in Frage. Außerdem besteht die Möglichkeit, das Ultraschall-Leitstück 9 aus dem gleichen Material wie die Prothese herzustellen.

Um nachteilige Einflüsse auf die akustische Kopplung zwischen dem Ultraschall-Leitstück 9 und der Hüftgelenkprothese 2 durch zwischen der Vertiefung 11 und der Gelenkkugel 3 infolge von geringfügigen Maßabweichungen vorliegenden Luftpinschlüssen zu vermeiden, ist in nicht dargestellter Weise zwischen den genannten Teilen eine dünne Schicht eines geeigneten akustischen Koppelmediums, z. B. eines Gels, wie es bei medizinischen Ultraschalluntersuchungen zur akustischen Koppelung des Ultraschallkopfes mit dem Patientenkörper verwendet wird, vorgesehen. Derartige Gele besitzen gewöhnlich eine akustische Impedanz in der Größenordnung von $1,5 \times 10^6 \text{ kg/sm}^2$. Diese ist damit um ca. vier Zehnerpotenzen höher als die von Luft ($4,3 \times 10^2 \text{ kg/sm}^2$).

Der Querschnitt des zu der Mittelachse M der Anordnung rotationssymmetrischen Ultraschall-Leitstückes 9 verjüngt sich über der Länge des Ultraschall-Leitstückes 9 linear. Das konische Ultraschall-Leitstück 9 wirkt daher in der bereits beschriebenen Weise als akustischer Transformator zur Erhöhung des in die Gelenkkugel 3 eingeleiteten Schalldruckes.

Bei der nicht näher dargestellten Ultraschallquelle 10, die eine in ihrem Durchmesser dem Ultraschallquellen-seitigen Durchmesser des Ultraschall-Leitstückes 9 etwa entsprechende kreisförmige Abstrahlfläche für Ultraschallwellen aufweist, kann beispielsweise als piezoelektrische, magnetostruktive, oder elektrodynamische Ultraschallquelle ausgebildet sein. Sie kann jedoch auch als elektromagnetische Druckimpulsquelle ausgebildet sein.

Unabhängig von der Art der verwendeten Ultraschallquelle 10 werden die erzeugten Ultraschallwellen über das Ultraschall-Leitstück 9 in die Prothese 2 eingeleitet, von wo sie in den Knochenzement 5 gelangen. Als Knochenzement wird übrigens meistens Polymethacrylsäureester mit einer akustischen Impedanz von etwa $3 \times 10^6 \text{ kg/sm}^2$ verwendet. Die Ultraschallwellen führen zu einer mechanischen Zerrüttung des die Prothese 2 im Knochen befestigenden Knochenzementes, so daß es nach Zufuhr einer gewissen Dosis von Ultraschall leicht möglich ist, die Prothese 2 zu entfernen und die im Bereich der Bohrung 8 am Oberschenkelknochen 1 verbliebenen Reste des Knochenzementes 5 zu entfernen. Da sich aus den Ultraschallwellen, die sich in dem Ultraschall-Leitstück 9 als Longitudinalwellen ausbreiten, nach Einleitung in die Prothese 2 durch Modenwandel Oberflächen- und Scherwellen bilden können, wird die Haftung zwischen dem Prothesenschaft 4 und dem Kno-

chenzement 5 zerstört. Außerdem werden Mikrorisse in dem Knochenzement 5 bewirkt, die nicht nur die Entfernung der Prothese 2 sondern auch die Entfernung des Knochenzementes 5 selbst erleichtern.

Die akustische Impedanz von coralem Knochen liegt übrigens in der Größenordnung von $6 \times 10^6 \text{ kg/sm}^2$. Die des den Oberschenkelknochen 1 umgebenden Gewebes G beträgt etwa $1,5 \times 10^6 \text{ kg/sm}^2$. Die akustische Impedanz von spongösem Knochen dürfte wenig oberhalb der des Gewebes G liegen.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit einer als elektromagnetische Druckimpulsquelle ausgebildeten Ultraschallquelle 10 ist in Fig. 2 dargestellt. Derartige Druckimpulsquellen sind im Zusammenhang mit der Stoßwellenlithotripsie an sich bekannt und beispielsweise in der EP-A-01 88 750 beschrieben. Die Druckimpulsquelle gemäß Fig. 2 weist eine als Flachspule 12 mit spiralförmig angeordneten Windungen, eine davon ist mit 13 bezeichnet, ausgeführte Spulenordnung auf. Die Flachspule 12 ist an einem Spulenträger 14 angebracht, der aus einem keramischen Werkstoff hoher akustischer Impedanz (je nach Zusammensetzung zwischen 15 und $30 \times 10^6 \text{ kg/sm}^2$) oder Eisen (akustische Impedanz etwa $46 \times 10^6 \text{ kg/sm}^2$) gebildet ist. Falls der Spulenträger 14 aus Eisen besteht, muß dieses zur Vermeidung von Wirbelströmen in nicht dargestellter Weise lamelliert sein. Außerdem muß dann eine Isolierfolie 15, z. B. eine 0,1 mm dicke Kapton-Folie, zwischen der Flachspule 12 und dem Spulenträger 14 angeordnet sein. Falls der Spulenträger 14 aus Keramik besteht, kann die Isolierfolie 15 entfallen, da Keramik selbst gute Isoliereigenschaften aufweist. Die Flachspule 12 weist einen Durchmesser D von etwa 150 mm auf.

Der Flachspule 12 gegenüberliegend und von dieser durch eine Isolierfolie 16 — es kann sich hier beispielsweise wieder um eine 0,1 mm dicke Kapton-Folie handeln — getrennt ist die Stirnfläche des Ultraschall-Leitstückes 9 angeordnet. Diese ist für den Fall, daß das Ultraschall-Leitstück 9 aus Stahl besteht, mit einer strichliert angedeuteten, 0,5 mm dicken Silberschicht 17 versehen. Falls das Ultraschall-Leitstück 9 aus einem elektrisch gut leitenden Werkstoff, beispielsweise Kupfer, besteht, kann die Silberschicht 17 auch entfallen. Das Ultraschall-Leitstück 9 und der Spulenträger 14 sind mit Hilfe von Schrauben, es sind nur die Mittellinien zweier Schrauben angedeutet, derart zusammengepreßt, daß die gegebenenfalls mit der Silberschicht 17 versehene Stirnfläche des Ultraschall-Leitstückes 9 unter Zwischenfügung der Isolierfolie 16 satt an der Flachspule 12 anliegt. Die Zwischenräume zwischen den Windungen 13 der Flachspule 12 sind übrigens in nicht dargestellter Weise mit einem elektrisch isolierenden Gießharz ausgefüllt.

Die Silberschicht 17 ist vorzugsweise durch Plattieren oder einen ähnlichen Verfahrensschritt flächenhaft mit dem Ultraschall-Leitstück 9 verbunden. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, die Silberschicht getrennt von dem Ultraschall-Leitstück 9 auszuführen und zwischen dem Ultraschall-Leitstück 9 und der Flachspule 12 zusammen mit der Isolierfolie 16 einzupressen. Dabei ergibt sich infolge der Verformbarkeit von Silber eine gute flächenhafte Anlage der Silberschicht 17 an dem Ultraschall-Leitstück 9.

Der Spulenträger 14 weist eine Dicke L auf, die wenigstens $1/4$ Wellenlänge ($\lambda/4$) und höchstens der Länge l des wie auch die Druckimpulsquelle wenigstens im wesentlichen rotationssymmetrisch zur Mittelachse M der Vorrichtung ausgebildeten Ultraschall-Leitstückes 9

entspricht. Die Länge l beträgt im Falle des dargestellten Ausführungsbeispiels etwa 100 mm oder mehr und wird von der der Druckimpulsquelle zugewandten Stirnseite des Ultraschall-Leitstückes 9 bis zum tiefsten Punkt der am anderen Ende des Ultraschall-Leitstückes 9 vorgesehenen Vertiefung 11 gemessen.

Zur Erzeugung eines akustischen Druckimpulses wird der einerseits mit einer Ladestromquelle 18 und andererseits mit der innersten und der äußersten Windung der Flachspule 12 verbundene Hochspannungskondensator 19, der auf Spannungen im kV-Bereich aufladbar ist, durch Schließen des Hochspannungsschalters 20 in die Flachspule 12 entladen. Die hierbei auftretenden grundlegenden physikalischen Vorgänge wurden bereits beschrieben. Bei dem die Flachspule 12 beaufschlagenden Stromimpuls handelt es sich infolge des Umstandes, daß dieser durch eine Kondensatorentladung erzeugt wird, um eine stark gedämpfte Sinusschwingung. Dabei wird außer während der ersten Viertelwelle der stark gedämpften Sinusschwingung auch während jeder Halbwelle ein Druckimpuls in das Ultraschall-Leitstück 9 eingeleitet, wobei sämtliche Druckimpulse die gleiche Polarität besitzen, nämlich die positive. Druckimpulse negativer Polarität, also Zugwellen, können nicht direkt in das Ultraschall-Leitstück 9 eingeleitet werden. Allerdings werden die in den Spulenträger 14 eingeleiteten Druckimpulse unter Vorzeichenumkehr an dessen Rückseite reflektiert und treten dann als Zugimpulse in das Ultraschall-Leitstück 9 ein, wenn der Spulenträger 14 und die Flachspule 12 sowie die Flachspule 12 und das Ultraschall-Leitstück 9 wie im vorliegenden Fall akustisch miteinander gekoppelt sind. Wenn die Dicke L des Spulenträgers 14 gerade $1/4$ Wellenlänge der erzeugten Druckimpulse entspricht, bedeutet dies, daß sich die durch Reflexion an der Rückseite des Spulenträgers 14 entstehenden Zugimpulse mit den während der einzelnen Halbwellen der gedämpften Sinusschwingung in dem Ultraschall-Leitstück 9 erzeugten Druckimpulsen überlagern und diese zumindest teilweise auslöschen, so daß sich sehr kurze Druckimpulse erzeugen lassen, die praktisch nur aus dem durch die erste Viertelwelle der gedämpften Sinusschwingung erzeugten Druckimpuls bestehen. Die Frequenz der Sinusschwingung entspricht übrigens der Eigenfrequenz des durch den Hochspannungskondensator 19 und die Flachspule 12 gebildeten Schwingkreises.

Da die an der Rückseite des Spulenträgers 14 als Zugimpulse reflektierten Druckimpulse zur Ablösung der Flachspule 12 von dem Spulenträger 14 führen können, mit der Folge, daß dann die zur Ableitung der beim Betrieb der Druckimpulsquelle entstehenden Verlustwärme ausreichende thermische Koppelung zwischen beiden fehlt, kann es zweckmäßig sein, die Rückseite des Spulenträgers 14 in der strichliert angedeuteten Weise mit wenigstens einer beispielsweise konischen Vertiefung 21 zu versehen, deren Tiefe T wenigstens gleich $1/2$ Wellenlänge ist, mit der Folge, daß die Druckimpulse "diffus" reflektiert werden und keine schädliche Wirkung mehr entfalten können.

Es versteht sich, daß anstelle des Hochspannungskondensators 19 mit Ladestromquelle 18 und Hochspannungsschalter 20 auch andere Generatoren zur Erzeugung von Stromimpulsen verwendet werden können.

Die Fig. 3 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung, bei der als Ultraschallquelle 10 eine piezoelektrische Ultraschallquelle vorgesehen ist. Diese weist in an sich bekannter Weise einen beispielsweise kreisscheibenförmigen, insgesamt mit 25 bezeichneten piezoelektrischen

Schwinger auf. Dessen piezoelektrisches Element kann entweder als einstückige Scheibe 26 oder, wie in Fig. 3 strichliert angedeutet, aus einer Vielzahl von mosaikartig zusammengesetzten Schwingerelementen 26a gebildet sein. Als Material für das piezoelektrische Element kommt beispielsweise Bariumtitanat in Frage. Die beiden Stirnflächen des piezoelektrischen Elementes 26 verlaufen planparallel zueinander und sind jeweils mit einer dünnen Elektrode 31 bzw. 32, die vorzugsweise aus einem weichen Metall besteht, versehen. An die Vorderseite des Piezoschwingers 25, dessen Dicke 1/2 Wellenlänge entspricht, ist ein zur Mittelachse M der Anordnung rotationssymmetrisches Ultraschall-Leitstück 27 akustisch angekoppelt. Dieses verzüngt sich ausgehend von seinem dem Schwinger 25 benachbarten Ende in Richtung auf sein mit der zur Ankoppelung an die zu lösende Prothese dienenden sphärischen Vertiefung 28 versehenes Ende exponentiell, beispielsweise nach der Funktion

$$r = \frac{D}{2} e^{\frac{z}{e}}$$

wobei r den Radius des Ultraschall-Leitstückes 27 als Funktion der in Richtung der Mittelachse des Ultraschall-Leitstückes 27 ausgehend von dem Koordinatenursprung 0 gezählten Koordinate z, D den dem Durchmesser des Schwingers 25 entsprechenden Anfangsdurchmessers des Ultraschall-Leitstückes 27, e die Eulersche Zahl, z die laufende Koordinate z und z_0 eine Bezugslänge bedeuten, die etwa der Länge e entspricht. An die Rückseite des Schwingers 25 ist ein Backing 29 akustisch angekoppelt, dessen Länge L wenigstens gleich einer halben Wellenlänge der erzeugten Ultraschallwellen und höchstens gleich der Länge l des Ultraschall-Leitstückes 27 ist, die beispielsweise 150 mm betragen kann. Der Durchmesser D des Schwingers 25 kann ebenfalls 150 mm betragen.

Um Verluste durch Reflexionen zu vermeiden, sollten die Elektroden 31 und 32, das Ultraschall-Leitstück 27 und das Backing 29 aus Werkstoffen bestehen, deren akustische Impedanzen sich von der des verwendeten piezoelektrischen Materials nicht wesentlich unterscheiden. Die akustische Impedanz von gängigen piezoelektrischen Werkstoffen, z. B. Bariumtitanat, liegt in der Größenordnung von $30 \times 10^6 \text{ kg/sm}^2$. Als Werkstoff für die Elektroden eignen sich dann beispielsweise Blei (akustische Impedanz $25 \times 10^6 \text{ kg/sm}^2$), Kupfer (akustische Impedanz $42 \times 10^6 \text{ kg/sm}^2$) oder Silber (akustische Impedanz $38 \times 10^6 \text{ kg/sm}^2$). Als Materialien für das Ultraschall-Leitstück 27 kommen beispielsweise Stahl (akustische Impedanz $47 \times 10^6 \text{ kg/sm}^2$) oder Messing (akustische Impedanz $36 \times 10^6 \text{ kg/sm}^2$). Als Werkstoff für das Backing 29 eignet sich außer Stahl und Messing auch Keramik, die je nach Zusammensetzung eine akustische Impedanz in der Größenordnung von $15 \text{ bis } 30 \times 10^6 \text{ kg/sm}^2$ aufweist. Die zur Erhöhung des erzeugten Schalldruckes durchaus erwünschten und bereits erläuterten Resonanzerscheinungen treten in besonders starkem Maße dann auf, wenn das Ultraschall-Leitstück 27 und das Backing 29 aus dem gleichen Werkstoff oder Werkstoffen gleicher akustischer Impedanz und vorzugsweise geringer Eigendämpfung bestehen und/oder das Backing eine Dicke aufweist, die 1/2 Wellenlänge der erzeugten Ultraschallwellen entspricht. An die Elektroden ist übrigens ein elektrischer Schwingungsgenerator 30 für beispielsweise sinusförmige Schwingungen ange-

schlossen, der den Schwinger 25 mit einer Frequenz ansteuert, die so gewählt ist, daß die Dicke des Schwingers 25 wie erwähnt 1/2 Wellenlänge der erzeugten Ultraschallwellen entspricht. Geeignete Frequenzen — der Schwinger 25 ist entsprechend zu dimensionieren, liegen beispielsweise im Bereich von 50 bis 500 kHz.

Um eine gute akustische Koppelung des Schwingers 25 mit dem Ultraschall-Leitstück 27 und dem Backing 29 zu erreichen, ist der Schwinger 25 mit Hilfe von Schrauben, es sind nur die Mittellinien zweier Schrauben dargestellt, zwischen dem zu diesem Zweck mit einem ringförmigen Flansch versehenen Ultraschall-Leitstück 27 und dem Backing 29 eingespannt, wobei sich infolge der leichten Verformbarkeit des Materials der Elektroden eine satte, einer guten akustischen Koppelung förderliche Anlage zwischen dem Schwinger 25 und dem Ultraschall-Leitstück 27 bzw. dem Backing 29 ergibt. Zusätzlich kann zur Verbesserung der akustischen Koppelung zwischen dem Schwinger 25 und dem Ultraschall-Leitstück 27 bzw. dem Backing 29 ein Ölfilm vorgesehen sein.

Die in den Fig. 4 und 5 dargestellte erfindungsgemäße Vorrichtung weist als Ultraschallquelle 10 eine ihrem Wirkungsprinzip nach an sich bekannte magnetostruktive Ultraschallquelle auf. Diese weist insgesamt zwölf zylinderstabförmige Körper aus magnetostruktivem Werkstoff, beispielsweise Nickel oder der Legierung Terfenol, auf, die jeweils die gleiche Länge aufweisen. Auf jeden der Körper 35 ist eine schematisch angedeutete, mit 36 bezeichnete elektrische Wicklung aufgebracht. Die gemäß Fig. 4 in einem Karomuster angeordneten Körper 35 sind mit Hilfe von insgesamt fünf Schrauben 37 mit ihren Stirnflächen unter mechanischer Vorspannung zwischen einem kegelförmigen Ultraschall-Leitstück 38 und einem Tragkörper 39 unter mechanischer Vorspannung aufgenommen. Die Wicklungen sind in nicht dargestellter Weise mit einem elektrischen Generator derart verbunden, daß die Magnetisierungsrichtung für einander unmittelbar benachbarte Körper 35 in der in Fig. 5 durch Pfeile angedeuteten Weise jeweils entgegengesetzt ist. Auf diese Weise entstehen im Hinblick auf geringe Verluste vorteilhafte kurze magnetische Kreise. Da die durch den Magnetostruktionseffekt hervorgerufene Längenänderung ihrem Vorzeichen nach unabhängig von der Polarität des wirkenden Magnetfeldes ist, beaufschlagt der Generator die Wicklungen 36 mit einem beispielsweise sinusförmigen Wechselstrom, der einem Vormagnetisierungs-Gleichstrom überlagert ist, der wenigstens gleich der halben Amplitude des Wechselstromes ist. Hierdurch wird erreicht, daß die magnetostruktive Ultraschallquelle mit einer Frequenz schwingt, die gleich der Frequenz des Wechselstromes (z. B. in der Größenordnung von 5 bis 50 kHz) ist. Um in analoger Weise zu der zuvor beschriebenen piezoelektrischen Ultraschallquelle zur Erhöhung des erzeugten Schalldruckes Resonanzerscheinungen ausnutzen zu können, ist es zweckmäßig, wenn sowohl die Länge s der Körper 35 als auch die Dicke L des Tragkörpers 39 gleich 1/2 Wellenlänge der erzeugten Ultraschallwellen ist. Die Dicke des Tragkörpers 39 kann jedoch auch größer sein und maximal der Länge l des Ultraschall-Leitstückes 38 entsprechen, wenn die im Zusammenhang mit der piezoelektrischen Ultraschallquelle erläuterten Resonanzeffekte nicht oder nur teilweise ausgenutzt werden sollen. Aus dem Zusammenhang mit dem Ultraschall-Leitstück 27 und dem Backing 29 bei der piezoelektrischen Ultraschallquelle erläuterten Gründen ist es auch im Falle der magnetostruktiven

Ultraschallquelle zweckmäßig, wenn das Ultraschall-Leitstück 38 und der Tragkörper 39 aus dem gleichen Werkstoff oder aus Werkstoffen gleicher akustischer Impedanz bestehen. Dabei sollten die akustischen Impedanzen des Ultraschall-Leitstückes 38 und des Tragkörpers 39 mit der der Körper 35 möglichst übereinstimmen, um Verluste durch Reflexionen an den Grenzflächen zu vermeiden. Bei Verwendung von Nickel als Material für die Körper 35 kommt vor allem Stahl mit einer akustischen Impedanz von ca. $47 \times 10^9 \text{ kg/sm}^2$ in Frage.

Die in Fig. 6 dargestellte Vorrichtung unterscheidet sich von dem zuvor beschriebenen dadurch, daß sie eine Ultraschallquelle 10 aufweist, von welcher fokussierte Ultraschallwellen ausgehen, welche sich in einem mit der Ultraschallquelle 10 akustisch gekoppelten Ultraschall-Leitstück ausbreiten. Bei der nur grob schematisch dargestellten Ultraschallquelle 10 kann es sich beispielsweise um eine piezoelektrische Ultraschallquelle (siehe z. B. DE-OS 34 25 992) oder eine elektromagnetische Druckimpulsquelle (siehe z. B. EP-A-01 62 959) handeln, die derart ausgebildet sind, daß sie eine sphärisch um den Fokus F der Ultraschallwellen gekrümmte, konkave Abstrahlfläche 46 für die Ultraschallwellen aufweist. Dabei ist der Krümmungsradius R der Abstrahlfläche 46 derart gewählt, daß der Fokus F im Mittelpunkt der Gelenkkugel 3 der Hüftgelenkprothese 2 liegt. Das Ultraschall-Leitstück 45 weist an seinem der Ultraschallquelle 10 zugewandten Ende eine sphärisch gekrümmte, konvexe Fläche 48 auf, deren Krümmungsradius dem Krümmungsradius der Abstrahlfläche 46 entspricht. An seinem anderen Ende weist das Ultraschall-Leitstück 45 wieder eine mit 47 bezeichnete sphärische Vertiefung auf, deren Krümmungsradius dem der Gelenkkugel 3 entspricht. Die akustische Koppelung zwischen der konkaven Abstrahlfläche 46 der Ultraschallquelle 10 und der entsprechenden konvexen Fläche des Ultraschall-Leitstückes 45 erfolgt wieder dadurch, daß die Ultraschallquelle 10 und das Ultraschall-Leitstück 45 mit Hilfe von Schrauben, die Mittellinien zweier Schrauben sind angedeutet, gegeneinander gepreßt sind, wobei das Ultraschall-Leitstück im Bereich der Schrauben mit einem geeignet geformten Flansch versehen ist.

Die Ultraschallquelle 10 und das Ultraschall-Leitstück 45 sind rotationssymmetrisch zur Mittelachse M ausgebildet. Das Ultraschall-Leitstück 45 weist zwar ähnlich wie im Falle der Fig. 1, 2 und 4 eine kegelförmige Gestalt auf, jedoch dient diese Gestalt nicht dazu, um die Wirkung eines akustischen Transformators zu erzielen, sondern stellt lediglich sicher, daß die Ausbreitung der fokussierten Ultraschallwellen, deren "Randstrahlen" sind in Fig. 5 strichliert eingetragen und mit S bezeichnet, innerhalb des Ultraschall-Leitstückes 45 störungsfrei, d. h. ohne Reflexionen an der kegelförmigen Mantelfläche des Ultraschall-Leitstückes 45 erfolgen kann.

Die Vorrichtungen gemäß den Fig. 7 und 8 unterscheiden sich von der gemäß Fig. 5 dadurch, daß die Fokussierung der Ultraschallwellen nicht durch eine entsprechende Formgebung der Abstrahlfläche der Ultraschallquelle 10, sondern durch Kombination einer Ultraschallquelle 10 mit einer ebenen Abstrahlfläche 50 und einer akustischen Sammellinse 51 bzw. 52 erzeugt wird. Die Sammellinse 51 gemäß Fig. 7 ist bikonkav ausgebildet, während die Sammellinse 52 gemäß Fig. 8 bikonvex gestaltet ist. Beide Sammellinsen 51 und 52 sind rotationssymmetrisch zur Mittelachse M der Anordnung ausgebildet. Ihre Grenzflächen sind entweder

kugelkalottenförmig oder, wenn Abbildungsfehler weitestgehend vermieden werden sollen, ellipsoidförmig (Sammellinse 51) und hyperboloidförmig (Sammellinse 52) ausgebildet. Der Raum zwischen der Abstrahlfläche 50 der Ultraschallquelle 10 und der dieser zugewandten Grenzfläche der Sammellinse 51 bzw. 52 ist durch einen Koppelkörper 53 bzw. 54 ausgefüllt, der der akustischen Koppelung der Ultraschallquelle 10 mit der Sammellinse 51 bzw. 52 dient. Mit der von der Ultraschallquelle 10 abgewandten Grenzfläche der Sammellinse 51 bzw. 52 ist jeweils ein Ultraschall-Leitstück 55 bzw. 56 akustisch gekoppelt, das rotationssymmetrisch, und zwar kegelförmig ausgebildet ist und an seinem von der Ultraschallquelle 10 entfernten Ende eine sphärische Vertiefung 57 bzw. 58 zur Ankoppelung an die Hüftgelenkprothese aufweist. Die an den Grenzflächen der Sammellinse 51 bzw. 52 anliegende Fläche des Koppelkörpers 53 bzw. 54 sowie die an der anderen Grenzfläche der Sammellinse 51 bzw. 52 anliegende Fläche des Ultraschall-Leitstückes 55 bzw. 56 sind den Grenzflächen der Sammellinse 51 bzw. 52 entsprechend ausgebildet, mit dem Unterschied, daß sie im Falle der Fig. 7 konvex und im Falle der Fig. 8 konkav ausgeführt sind.

Damit die Sammellinse 51 bzw. 52 tatsächlich die Wirkung von Sammellinsen aufweisen und die erzeugten Ultraschallwellen auf den jeweiligen Fokus F fokussieren, müssen sie aus einem Werkstoff bestehen, in dem die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Ultraschallwellen größer bzw. kleiner als in dem jeweiligen Koppelkörper 53 bzw. 54 und dem jeweiligen Ultraschall-Leitstück 55 bzw. 56 ist. Wird im Falle der Fig. 7 als Material für die Sammellinse 51 Stahl (Schallausbreitungsgeschwindigkeit ungefähr 6000 m/s) verwendet, eignet sich als Material für den Koppelkörper 53 und das Ultraschall-Leitstück 55 Messing (Schallausbreitungsgeschwindigkeit ungefähr 4400 m/s). Diese Materialien sind auch deshalb geeignet, weil sie sich hinsichtlich ihrer akustischen Impedanzen, die für Messing ungefähr $38 \times 10^9 \text{ kg/sm}^2$ und für Stahl ca. 47 kg/sm^2 beträgt, nicht wesentlich unterscheiden, so daß nur relativ geringe Verluste durch Reflexionen an den Grenzflächen auftreten. Im Falle der Vorrichtung gemäß Fig. 8 können die gleichen Werkstoffe verwendet werden mit dem Unterschied, daß hier die Sammellinse 52 aus Messing und der Koppelkörper 54 sowie das Ultraschall-Leitstück 56 aus Stahl gebildet sind.

Im Falle der Fig. 7 und 8 wird die akustische Koppelung zwischen Ultraschallquelle 10, Koppelkörper 53 bzw. 54, Sammellinse 51 bzw. 52 und Ultraschall-Leitstück 55 bzw. 56 dadurch erreicht, daß die Ultraschallquelle 10 und das Ultraschall-Leitstück 55 bzw. 56 mit Hilfe von Schrauben, die Mittellinien zweier Schrauben sind in den Fig. 7 und 8 angedeutet, unter Zwischenfügung des Koppelkörpers 53 bzw. 54 und der Sammellinse 51 bzw. 52 gegeneinander verspannt sind, wobei das Ultraschall-Leitstück 55 bzw. 56 wieder mit einem Flansch versehen ist.

Wenn sich wie im Falle von Stahl und Messing die Schallausbreitungsgeschwindigkeiten nur vergleichsweise geringfügig unterscheiden, kann es zweckmäßig sein, die Vorrichtungen gemäß den Fig. 7 und 8 in der Weise zu kombinieren, daß sich ein "zweilinsiger" Aufbau ergibt, so wie dies in Fig. 9 dargestellt ist. Demnach werden die mittels der Ultraschallquelle 10 erzeugten und von deren Abstrahlfläche 50 abgestrahlten Ultraschallwellen über einen aus Messing gebildeten Koppelkörper 59 in eine aus Stahl gebildete bikonkave Sammellinse 60, von dieser in eine aus Messing gebildete

bikonvexe Sammellinse 61 und von dieser in das Ultraschall-Leitstück 62 geleitet, wobei letzteres aus Stahl gebildet ist. Das Ultraschall-Leitstück 62 weist wieder eine Vertiefung 63 zur Aufnahme der Gelenkkugel 3 auf.

Die im Zusammenhang mit den Ausführungsbeispielen beschriebenen Ausführungsformen der Ultraschallquelle sind nur beispielhaft zu verstehen. Es können auch andere Ultraschallquellen Verwendung finden. Beispielsweise besteht die Möglichkeit, eine schallharte Platte, beispielsweise eine Metallplatte, von z. B. 1/4 bis 1/2 Wellenlänge Dicke unter der Wirkung einer sich schlagartig entspannenden Feder auf ein Ultraschall-Leitstück prallen zu lassen, um starke akustische Druckimpulse zu erzeugen.

Weiter besteht die Möglichkeit, auch andere als die im Zusammenhang mit den Ausführungsbeispielen ausschließlich erwähnten Hüftgelenkprothesen mit Hilfe erfindungsgemäßer Vorrichtungen zu entfernen, wobei erforderlichenfalls lediglich eine Anpassung des Koppelbereiches des Ultraschall-Leitstückes an die jeweiligen Gegebenheiten zu erfolgen hat.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Entfernen von implantierten Gelenkprothesen (2), aufweisend eine Ultraschallquelle (10) zur Erzeugung von Ultraschallwellen und ein Ultraschall-Leitstück (9, 27, 38, 45, 55, 56), das einen dem Gelenkteil (3) der Gelenkprothese (2) geometrisch angepaßten Koppelbereich (11, 28, 41, 47, 57, 58) aufweist, wobei das Ultraschall-Leitstück (9, 27, 38, 45, 55, 56) mit der Ultraschallquelle (10) akustisch gekoppelt ist und zum Zwecke der Einleitung der erzeugten Ultraschallwellen in die Gelenkprothese (2) mit deren Gelenkteil (3) mittels des Koppelbereiches (11, 28, 41, 47, 57, 58) akustisch koppelbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ultraschall-Leitstück (9, 27, 38, 45, 55, 56) aus einem Material gebildet ist, dessen akustische Impedanz wenigstens im wesentlichen der des Prothesenmaterials entspricht.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Ultraschall-Leitstück (9, 27, 38) einen sich ausgehend von der Ultraschallquelle (10) in Richtung auf den Koppelbereich (11, 28, 41) verringerten Querschnitt aufweist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Querschnitt des Ultraschall-Leitstückes (9, 22, 38) über dessen Länge linear oder exponentiell verringert.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß von der Ultraschallquelle (10) fokussierte Ultraschallwellen ausgehen, welche sich in dem Ultraschall-Leitstück (45, 55, 56) fortpflanzen und deren Fokuszone (F) im Bereich des Ankoppelbereiches (47, 57, 58), vorzugsweise außerhalb des Ultraschall-Leitstückes (45, 55, 56) und innerhalb der Gelenkprothese (2), liegt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Ultraschallquelle (10) und dem Ultraschall-Leitstück (55, 56) wenigstens eine akustische Linse (51, 52) als Fokussierungseinrichtung vorgesehen ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Ultraschallquelle (10) eine Druckimpulsquelle vorgesehen ist, welche

akustische Druckimpulse erzeugt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckimpulsquelle als elektromagnetische Druckimpulsquelle ausgebildet ist, welche eine Spulenordnung (12) und eine dieser vorgelagerte Membran (17, 9) aus einem elektrisch leitenden Werkstoff aufweist, wobei die Membran (17, 9), vorzugsweise flächenhaft, an dem Ultraschall-Leitstück (9) anliegt bzw. mit diesem verbunden ist bzw. einen Teil desselben bildet.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Spulenordnung (12) auf einem Spulenträger (14) angeordnet ist, dessen Dicke wenigstens gleich 1/4 Wellenlänge der Grundwelle eines mittels der Druckimpulsquelle erzeugten akustischen Druckimpulses ist und — in Wellenlängen gemessen — die Länge des Ultraschall-Leitstückes (9) nicht wesentlich übersteigt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückseite des Spulenträgers (14) unparallel in bezug auf dessen die Spulenordnung (12) tragende Vorderseite ausgebildet ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Ultraschall-Leitstück (9) aus einem elektrisch leitenden Werkstoff gebildet ist und sein der Spulenordnung (10) benachbarter Bereich als Membran dient.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Ultraschallquelle (10) eine piezoelektrische Ultraschallquelle vorgesehen ist, welche wenigstens einen Piezoschwinger (25) aufweist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke des Piezoschwingers (25) gleich 1/2 Wellenlänge der erzeugten Ultraschallwellen ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß ein Backing (29) für den Piezoschwinger (25) vorgesehen ist, das eine Dicke aufweist, die 1/2 Wellenlänge der erzeugten Ultraschallwellen entspricht.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Ultraschallquelle (10) eine magnetostriktive Ultraschallquelle vorgesehen ist, welche wenigstens einen Körper (35) aus magnetostruktivem Material aufweist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge des Körpers (35) aus magnetostruktivem Material 1/2 Wellenlänge der erzeugten Ultraschallwellen entspricht.

17. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Körper (35) aus magnetostruktivem Material zwischen dem Ultraschall-Leitstück (38) und einem Tragkörper (39) aufgenommen ist, wobei das Ultraschall-Leitstück (38) und der Tragkörper (39) aus magnetisch leitfähigem Material lamelliert aufgebaut sind.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke des Tragkörpers (39) wenigstens gleich 1/2 Wellenlänge der erzeugten Ultraschallwellen ist und — in Wellenlängen gemessen — die Länge des Ultraschall-Leitstückes (38) nicht wesentlich übersteigt.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6 oder 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Ultraschallquelle (10) zur Abgabe von Dauerschall aktivierbar ist.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18,

dadurch gekennzeichnet, daß die Ultraschallquelle
(10) zur Erzeugung von akustischen Druckimpulsen
positiver und/oder negativer Polarität impulsartig
ansteuerbar ist

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

— Leerseite —

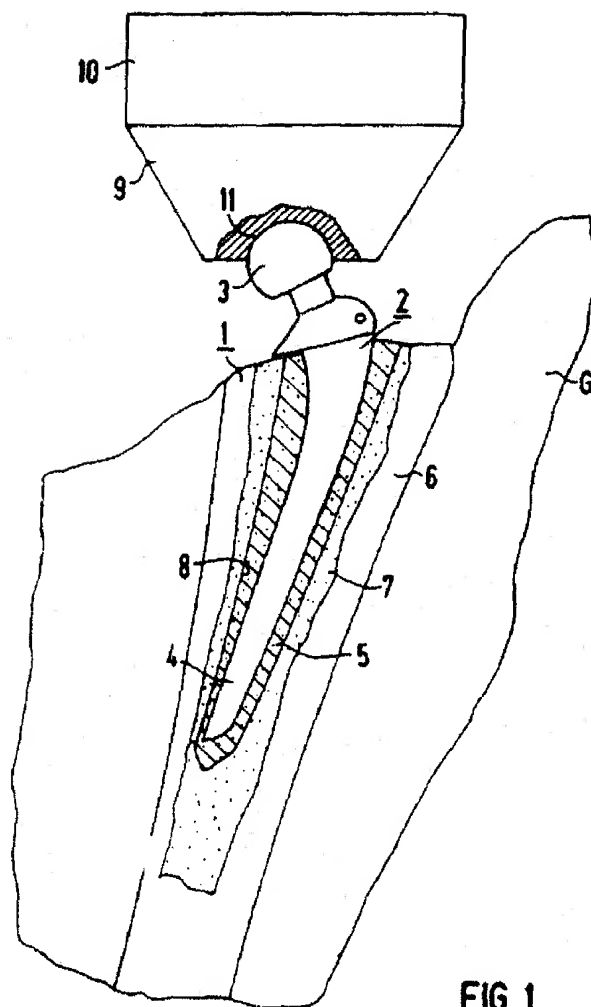
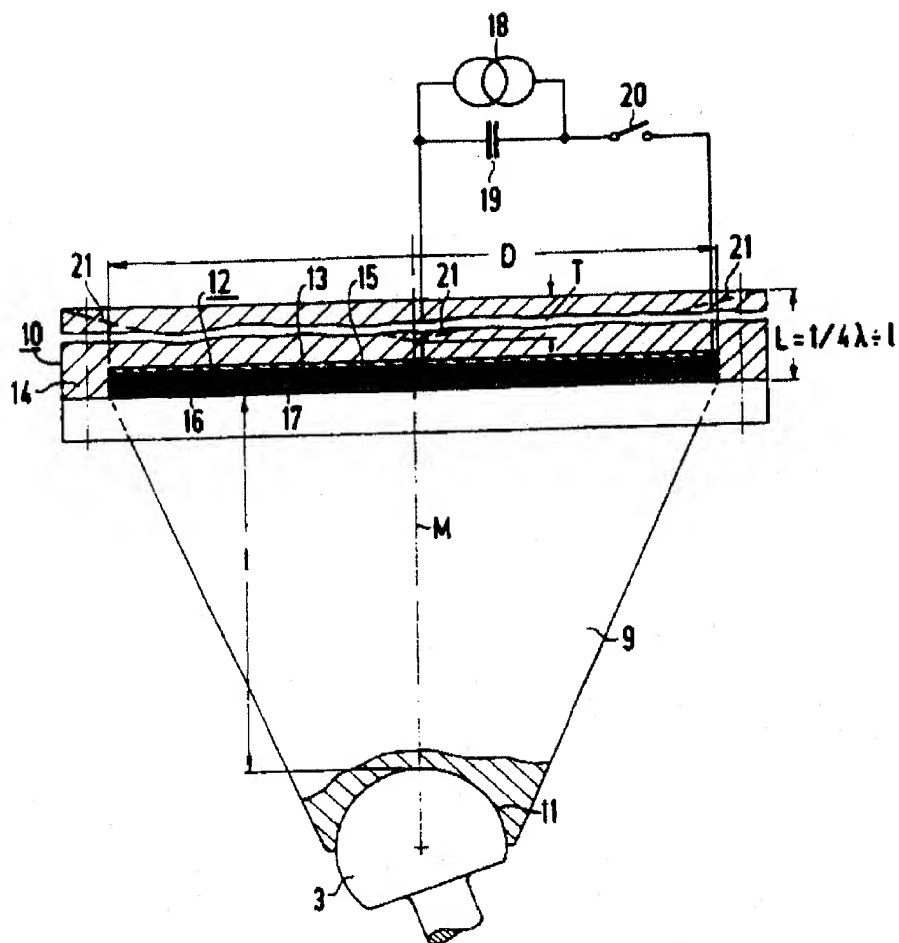
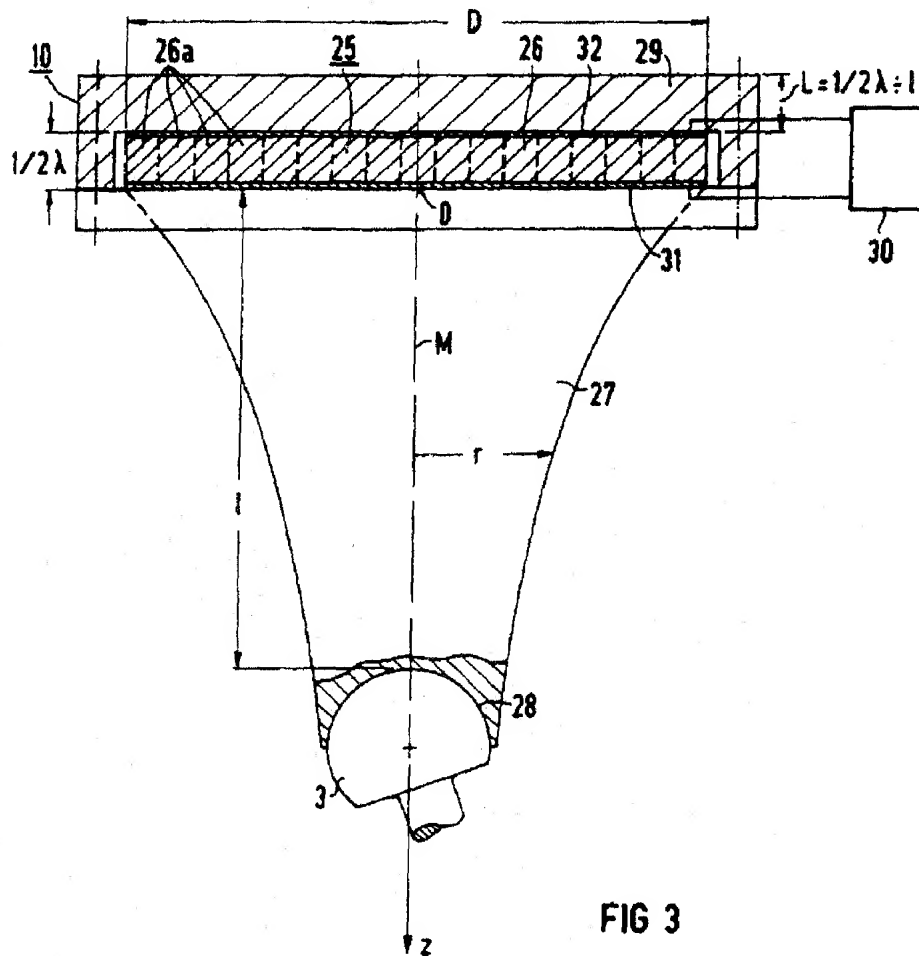


FIG 1





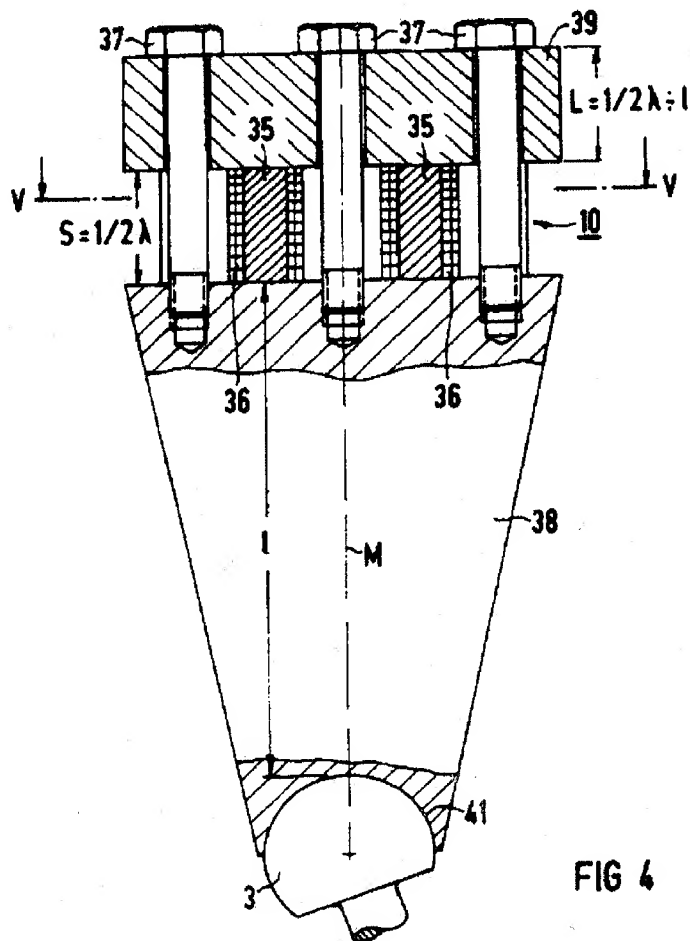


FIG 4

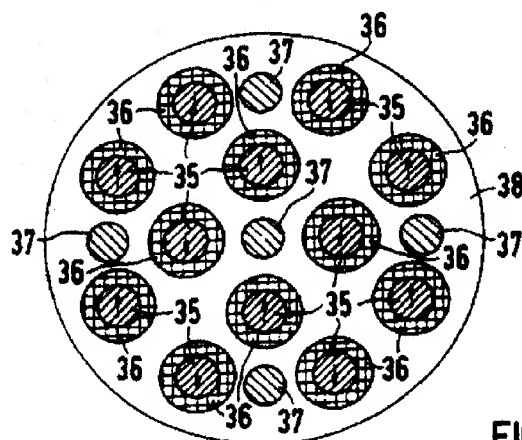


FIG 5

208 026/229

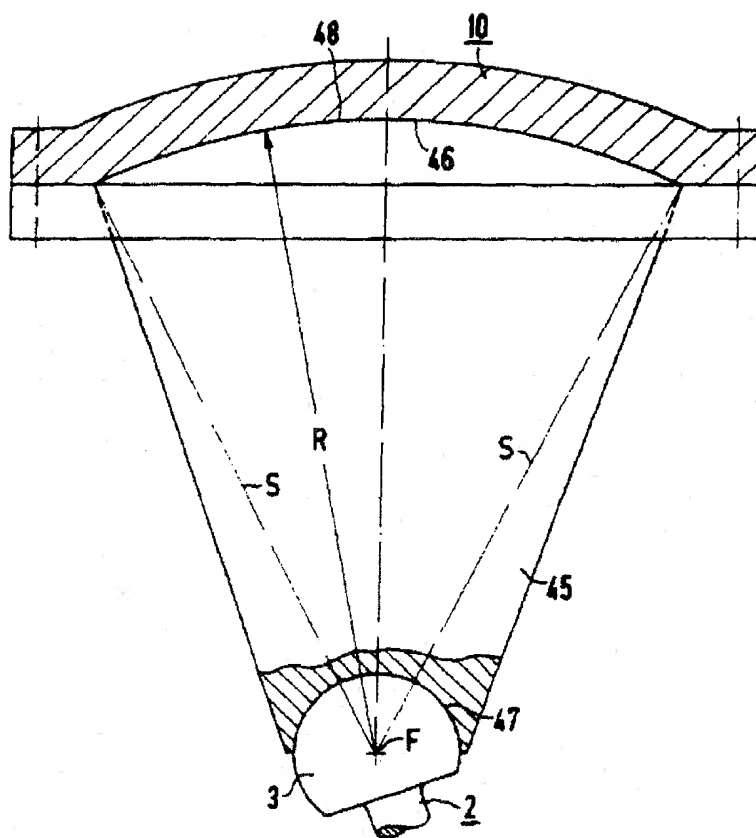


FIG 6

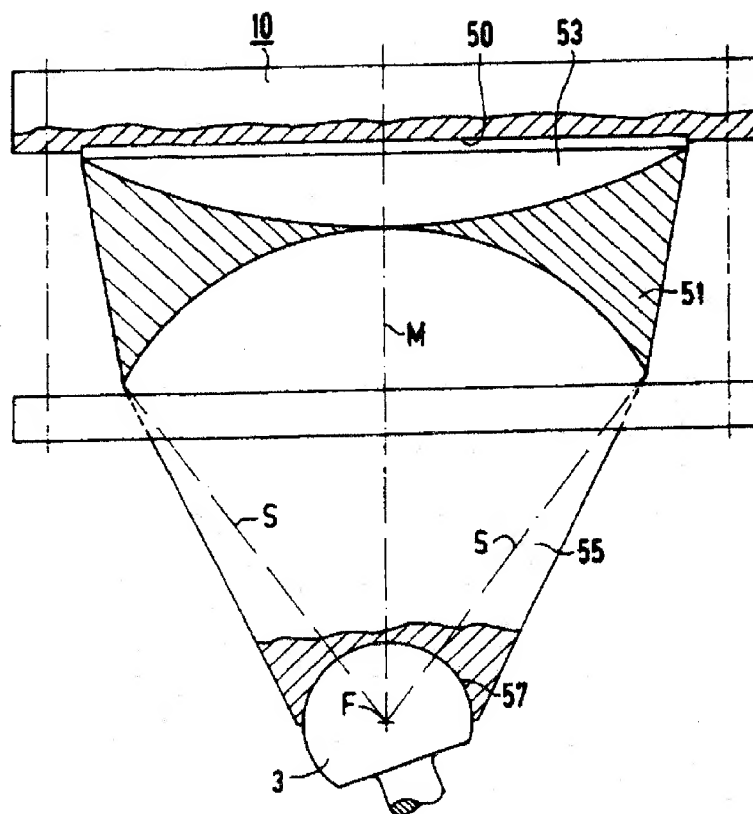


FIG 7

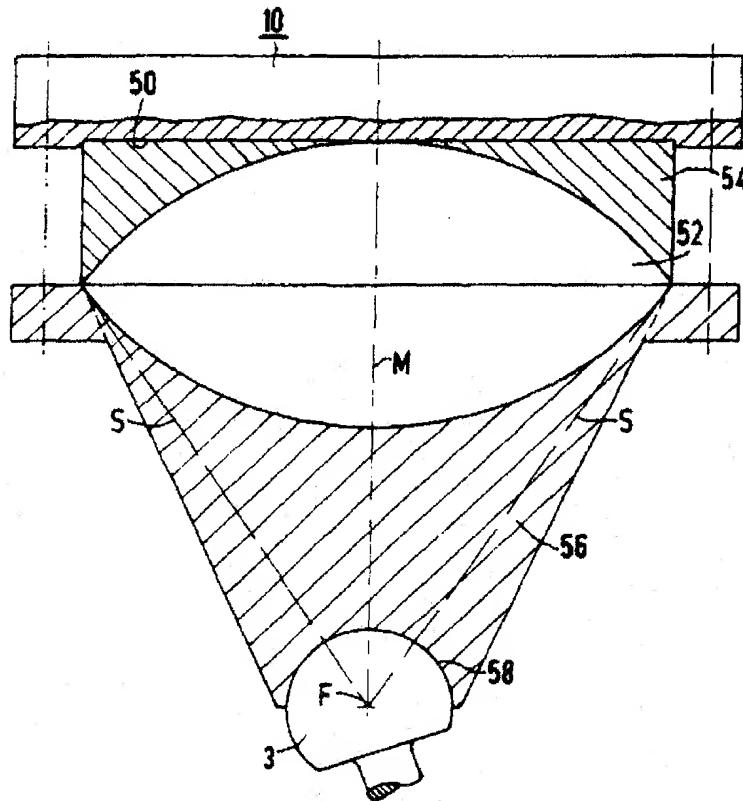


FIG 8

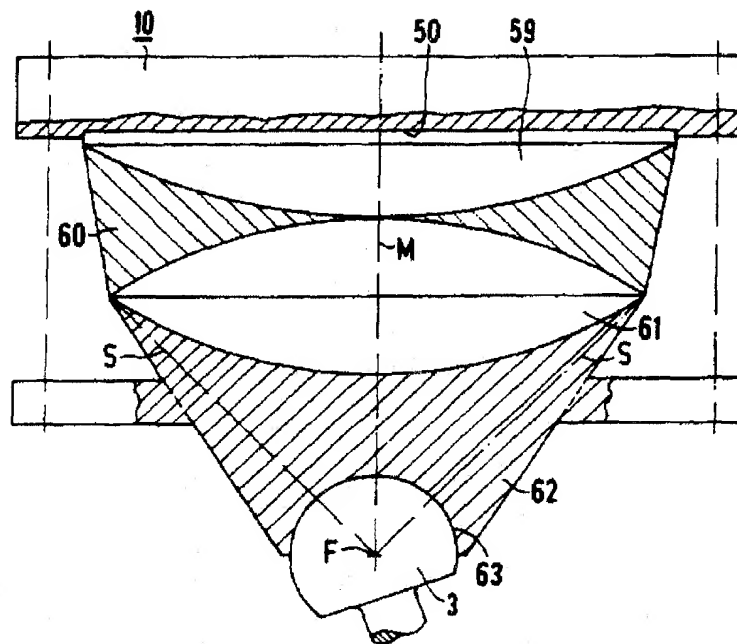


FIG 9